



**POSITION DER KOMMISSION NACHHALTIGES
BAUEN AM UMWELTBUNDESAMT (KNBAU)**
// DEZEMBER 2018 //

**Schonung natürlicher Ressourcen
durch Materialkreisläufe in der
Bauwirtschaft**

Impressum

Dies ist ein Positionspapier der Kommission KN Bau.
Die darin enthaltenen Positionen stimmen nicht
zwangsläufig mit denen des Umweltbundesamtes überein.

Herausgeber:
Kommission Nachhaltiges Bauen am Umweltbundesamt
(KN Bau)

Geschäftsstelle:
Umweltbundesamt
Fachgebiet III 1.4
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de



 /umweltbundesamt.de
 /umweltbundesamt
 /umweltbundesamt
 /umweltbundesamt

Autorinnen und Autoren:
Dipl.-Ing. Claus Asam, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und
Raumforschung (BBSR)

Dipl.-Ing. Architektin Theresa Keilhacker,
KAZANSKI . KEILHACKER - URBAN DESIGN . ARCHITEKTUR

Prof. Dr.-Ing. habil. Anette Müller, IAB - INSTITUT FÜR
ANGEWANDTE BAUFORSCHUNG gemeinnützige GmbH

Dr. Dirk Schwede (PhD), Universität Stuttgart

Redaktion:
Til Bolland, Umweltbundesamt

Satz und Layout:
Atelier Hauer + Dörfler GmbH

Publikationen als pdf:
www.umweltbundesamt.de/publikationen

Bildquellen:
Titelbild sowie Bilder auf S. 11: Anette Müller, IAB Weimar
gGmbH,
Bilder S. 12 und 13: Andreas Kaschadt, Mitteldorf EAR
Breitungen

Stand: Dezember 2018

**POSITION DER KOMMISSION NACHHALTIGES
BAUEN AM UMWELTBUNDESAMT (KNBAU)**
// DEZEMBER 2018 //

**Schonung natürlicher Ressourcen
durch Materialkreisläufe in der
Bauwirtschaft**

Inhalt

Kernbotschaften	6
Einleitung	8
Recycling des vorhandenen Bauwerksbestands	9
Bauen für ein zukünftiges Recycling	15
Notwendige Entwicklungen	19
Schaffen von Voraussetzungen und gesetzlichen Anforderungen	19
Fördermaßnahmen	20
Weiterführende Quellen	21

Kernbotschaften

1

Große Anteile der Stoffströme aus dem Rückbau und Abbruch bestehender Bauwerke werden heute bereits rezykliert. Das technische Niveau sollte durch Innovationen in Zukunft aber verbessert werden. Gleichzeitig muss die Wirtschaftlichkeit, die notwendige Logistik und die Akzeptanz unter den Bauschaffenden wirksam gefördert werden.

2

Um einen grundlegenden Wandel in der Baupraxis zu erreichen, muss das ressourcenschonende Bauen allen Beteiligten an Baustoffherstellung, Planung, Erstellung, Betrieb und Rückbau von Bauwerken als zwingend anzustrebende Anforderung vermittelt werden. In Aus- und Weiterbildung sowie in fachlichen und populären Darstellungen sind entsprechende Inhalte einzuführen und zu vermitteln.

3

Zur Umsetzung des ressourcenschonenden Bauens müssen die lokalen und nationalen Bauverwaltungen personell gestärkt werden, um Abbruchkonzepte und deren Durchführung wirksam zu kontrollieren. Weiterhin muss der Begriff ressourcenschonendes Bauen in den Stellenausschreibungen in der Bauverwaltung ergänzt werden, und das bestehende Personal entsprechend fortgebildet werden. Hilfreiche Informationsmaterialien für die Umsetzung dieser Kernforderung sind die „Arbeitshilfen Recycling“ des Bundes, der „Brandenburgische Leitfaden für den Rückbau von Gebäuden“ oder das aktuelle Buch „Baustoffrecycling“.

4

Abbrucharbeiten müssen angezeigt und genehmigt werden. Konzepte und Planungen zum ressourcenschonenden Rückbau müssen entwickelt und vorgelegt werden. Konkrete Anforderungen an Stofffraktionen sowie deren Sammlung und Verwertung sind einzuführen.

5

Der zusätzliche Aufwand für Planung, Erstellung, Betrieb und Rückbau im Rahmen des ressourcenschonenden Bauens muss den Beteiligten ausreichend vergütet werden. Die Honorarordnungen und Beschaffungsrichtlinien müssen entsprechend angepasst werden.

6

In Studien soll zeitnah ermittelt werden, welche Förder- und/oder Sanktionsmaßnahmen (Abgaben, Steuern, Quoten, finanzielle Förderung) wirksam wären, um das ressourcenschonende Bauen in den Markt einzuführen und zu fördern. Ähnlich wie beim energieeffizienten Bauen soll für das ressourcenschonende Bauen ein wirksamer verordnungstechnischer und förderpolitischer Rahmen geschaffen werden.

7

Methoden und Grundlagen zur Bewertung der Kreislauffähigkeit von Baumaterialien und Bauwerken müssen weiterentwickelt und den Bauschaffenden allgemein anwendbar bereitgestellt und vermittelt werden. Verfahren und Dokumentationen (z. B. innerhalb des BNB-Systems) sind in diesem Sinne festzulegen. Grundlagendaten sind zentral und von unabhängiger Stelle bereitzustellen z. B. in der WECOBIS Datenbank.

8

Bei der Entwicklung von neuen Baumaterialien und Bauteilen sind, neben den technischen, ökonomischen und ökologischen Aspekten, die Aspekte der Kreislaufführung in der Erstellungs- und am Ende der Nutzungsphase als gleichwertig zu berücksichtigen. Sie sollten in Zukunft in Anlehnung an die Grundforderungen an Bauwerke der Europäischen Bauproduktverordnung (EU-BauPVO Anhang I, Punkt 7) auch bei der Produktzulassung zugrunde gelegt werden. Um diesen Prozess voranzubringen sind zusätzlich die Förderkriterien in der Material- und Bauforschung anzupassen.

9

Die Forschung zur Material- und Verfahrensentwicklung für das Baustoffrecycling, die im Vergleich zur etablierten Primärbaustoffforschung noch am Anfang steht, muss verstärkt gefördert werden. Dabei müssen die Stoffströme, die gegenwärtig auf sehr niedrigem technischem Niveau verwertet werden, im Mittelpunkt stehen. Die Förderung sollte sich in Zukunft neben der Forschung zu Betonrezyklaten auch auf alle anderen Baumaterialien und Bauteile bzw. -systeme erstrecken.

10

Die Anlagen für die Aufbereitung von Bauabfällen in Deutschland sind heute zu einem großen Teil auf dem technischen Stand der 1980er und 90er Jahre. Die Stagnation bei der Einführung neuer Verfahren in die Recyclingpraxis muss durch die Förderung von Investitionen in innovative Technologien überwunden werden.

11

Die Entwicklung und Einführung neuer Aufbereitungs- und Verwertungstechnologien von Bauabfällen wird die Grenzen des Machbaren in der Neubauplanung und der Ertüchtigung der bestehenden Bausubstanz verschieben und in der Gestaltung von kreislauffähigen Bauwerken mehr Freiheiten bieten.

Einleitung

Der Begriff „Nachhaltigkeit“ steht unter anderem für den verantwortungsbewussten Umgang mit der Umwelt und für die Schonung der verfügbaren Ressourcen für die folgenden Generationen. Im Bausektor stand bisher der Gebäudeenergieverbrauch im Mittelpunkt des nachhaltigen Bauens. In diesem Bereich wurden wirksame Anforderungen formuliert, technische Lösungen entwickelt und Werkzeuge zur Bewertung der Energieeffizienz etabliert.

Der Bausektor steht jedoch auch in Bezug auf den Einsatz von Rohstoffen und bei der Abfallentstehung an erster Stelle und hat daher eine Schlüsselrolle bei der Verbesserung der Ressourceneffizienz. Zunehmend rücken heute die Ressourcenschonung und die Verwirklichung von Stoffkreisläufen in den Fokus des nachhaltigen Bauens. Ziel ist es, das Abfallaufkommen zu reduzieren und gleichzeitig die knapper werdenden Ressourcen zu schonen. Während das energieeffiziente Bauen und die energiesparende Sanierung des Bauwerksbestandes in den letzten 40 Jahren entwickelt und in den Markt eingeführt wurde, ist zur Umsetzung des ressourcenschonenden Bauens noch viel zu tun. Notwendig sind die klare Formulierung von Anforderungen, die Entwicklung von handhabbaren Bewertungs- und Planungsmethoden. Ebenso sind die Entwicklung neuer rezyklierfähiger Baumaterialien sowie die Weiterentwicklung der Aufbereitungs- und Verwertungstechnologien erforderlich. Nicht zuletzt muss der Verordnungsrahmen und auch die allgemeine Akzeptanz der Marktteilnehmer so entwickelt werden, dass in Zukunft der Einsatz von rezyklierten Baumaterialien selbstverständlich ist.

Zur Realisierung von Materialkreisläufen im Bauwesen sind in diesem Sinne zwei wesentliche Handlungsfelder zu bearbeiten. Das sind die Wiedergewinnung von Sekundärressourcen aus dem Bauwerksbestand und die Planung von zukünftigen ressourcenschonenden und rezyklierbaren Bauwerken.

► Bauwerksbestand

Im Bauwerksbestand sind dem selektiven Rückbau Grenzen gesetzt. Sowohl Konstruktionen von Bauteilen als auch die verwendeten Baumaterialien und Materialkombinationen sind oft nicht geeignet, um beim Abbruch von Bauwerken sortenreine Materialfraktionen für eine hochwertige Wiederverwertung zu erzeugen. In diesem Fall ist die Entwicklung von leistungsfähigen Rückbau-, Aufbereitungs- und Verwertungstechnologien notwendig, um verwertbare Materialströme zu erhalten. So kann der nicht nutzbare Abfall so weit wie möglich reduziert aber sicher nicht gänzlich vermieden werden.

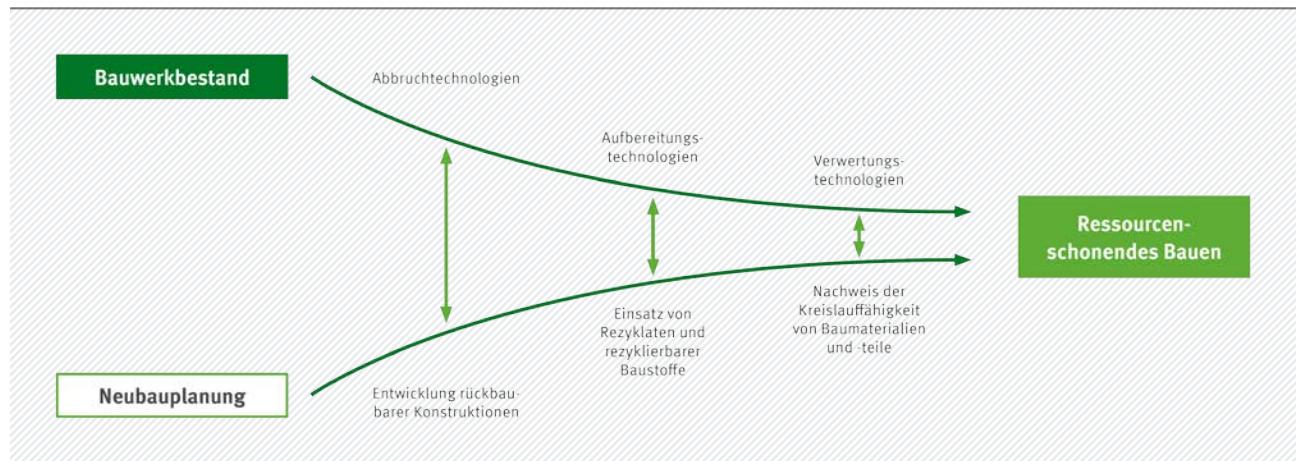
► Neubauplanung

Für neue Bauwerke, muss die spätere Kreislaufführung der Baustoffe bereits bei der Planung und der Errichtung Berücksichtigung finden. Die Rückbau-, Trenn- und Verwertbarkeit der Baumaterialien muss in der Planungsphase zur recyclingorientierten Optimierung der Materialauswahl und der Entwicklung von rückbaubaren Konstruktionen führen. Zusätzliche Herausforderungen ergeben sich für das zukünftige Rezyklieren im Neubau aus dem Einsatz und dem Verbund von neuen funktionalen Baumaterialien. Bei der Entwicklung und Herstellung von neuen Baumaterialien und Bauteilen bzw. -systemen muss neben dem Einsatz von Rezyklaten auch ihre spätere Rezyklierbarkeit ein maßgebendes Kriterium sein. Das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB), wie es beim Bund umgesetzt wird, ist ein erster Schritt in diese Richtung.

Die genannten beiden Handlungsfelder erfordern unterschiedliche Herangehensweisen und betreffen verschiedene Akteure in der Planung und Ausführung. Allerdings wird die Entwicklung von leistungsfähigen Rückbau-, Aufbereitungs- und Verwertungstechnologien im Bauwerksbestand auch zu größeren Freiheiten in der Neubauplanung und der Entwicklung von neuen Baumaterialien führen. Wie in der Vergangenheit im energieeffizienten Bauen wird der technologische Fortschritt in Zukunft maßgebend für ein ressourcenschonendes Bauen sein.

Abbildung 1

Wechselwirkungen zwischen der Neubauplanung und den verfügbaren Technologien am Nutzungsende von ressourcenschonenden Bauwerken



Quelle: eigene Darstellung KN Bau

Recycling des vorhandenen Bauwerksbestands

Auch wenn von der Steine-Erden-Industrie bereits heute hohe Verwertungsquoten angegeben werden, zeigt der Blick auf die Recyclingpraxis ein eher unbefriedigendes Bild. Das Baustoffrecycling in qualitäts-erhaltenden Kreisläufen wird heute nur in wenigen Fällen erreicht.

Zum Beispiel kann Ausbauasphalt sortenrein erfasst und mit speziellen Technologien aufbereitet werden, so dass die technischen Voraussetzungen für ein hochwertiges Recycling gegeben sind. Allerdings wird das Recyclingvolumen durch den Bedarf im Straßenbau begrenzt. Da der Straßenerhalt gegenüber dem Neubau dominiert und den erneuerten Deckschichten nur ein begrenzter Anteil an Rezyklat zugesetzt werden darf, baut sich sukzessive ein Lager an Ausbauasphalt auf.

Obwohl auch Gipskartonplatten aus dem Rückbau bzw. aus Verschnittresten aus dem Aus- und Umbau gut getrennt erfasst und sortenrein aufbereitet werden können, wird heute nur ein Teil der anfallenden Mengen dem neuen Produktionsprozess zugeführt. Eine erhebliche Menge wird gegenwärtig noch an den bestehenden Anlagen vorbei beseitigt.

Für betonstammige Recyclingbaustoffe gibt es Möglichkeiten der werkstofflichen Verwertung für die Herstellung von Tragschichten und als rezyklierte Gesteinskörnung für die erneute Betonherstellung. Die notwendigen technischen Vorschriften und die Anforderungen an die wasserwirtschaftliche Güte liegen vor. Mit den verfügbaren Aufbereitungstechnologien lassen sich qualitätsgerechte Recyclingbaustoffe herstellen. Der Einsatz dieser Baustoffe im Straßenbau wird bereits praktiziert. Die Betonherstellung aus rezyklierten Gesteinskörnungen spielt in Deutschland im Vergleich zu den Gesamtmengen bisher nur eine geringe Rolle, obwohl gerade für ein hochwertiges Recycling als Betonzuschlag günstige Voraussetzungen vorliegen, da ein dichtes Netz von Recyclingunternehmen einer großen Anzahl von Transportbetonherstellern gegenübersteht. Allerdings stellen gegenwärtig nur eine geringe Anzahl von Baustoffverwertern rezyklierte Gesteinskörnungen zum Einsatz in Recyclingbetonen her.

Bei den Transportbetonherstellern bestehen oft Vorbehalte und mangelndes Vertrauen in den Einsatz von Rezyklaten in Betonrezepturen. Funktionale und ökologische Nachteile, die z. B. auf eine ungünstigere Verarbeitbarkeit oder einem erhöhten

Bindemittelbedarf zurückgehen könnten, wurden durch Forschung und Praxis eindeutig widerlegt. Ökologische Vorteile wie die Schonung natürlicher Lagerstätten oder die kürzeren Transportdistanzen von Recycling-Baustoffen im Vergleich zu Primärrohstoffen finden zu wenig Beachtung. Erfahrungen in Pilotprojekten haben gezeigt, dass Betone mit rezyklierten Gesteinskörnungen wirtschaftlich konkurrenzfähig zu konventionellem Beton bereitgestellt werden können.

Mauerwerkbruch ist in seiner Anwendung als Recyclingbaustoff stark eingeschränkt, da dieser oft als Gemisch verschiedener Wandbaumaterialien wie Ziegel verschiedener Güte, Kalksandstein, Leichtbeton

und Porenbeton sowie Mörtel und Putze anfällt. Der Hauptgrund für die schlechte Verwertbarkeit sind die physikalischen Eigenschaften der Partikel wie die Porosität, die Festigkeit und der Frostwiderstand, oder Störstoffe wie beispielsweise sulfathaltige Bestandteile. Der Einsatz ist so auf ein niedriges Niveau wie beispielsweise für Verfüllmaßnahmen von Schächten, Gruben etc. vor Ort auf der Baustelle oder für Baumaßnahmen und Profilierungen auf Deponien beschränkt. Bei hohen Sulfatgehalten kann der Einsatz auch für diese einfachen Anwendungen aus wasserwirtschaftlichen Gründen nicht zulässig sein. In diesem Fall müssen völlig neue Wege der Baustoffaufbereitung und -verwertung eingeschlagen werden.

INFOBOX 1

Abbruch und Selektiver Rückbau

Unter Abbruch wird die Entfernung eines Bauwerks ohne ausdrückliche Berücksichtigung seines Materialbestandes verstanden. Der selektive, kontrollierte, systematische oder auch recyclinggerechte Rückbau ist dagegen die schrittweise maschinelle Zerlegung eines Bauwerks mit dem Ziel, möglichst unvermischt Materialien zu erhalten. In der Regel werden bei heutigen Abbruchaufgaben in Abhängigkeit von der Art des Bauwerks, den Bedingungen am Abbruchort und der angestrebten Verwertung der Abbruch und der selektive Rückbau kombiniert. In Bezug auf die Art des Bauwerks stehen sich folgende Extreme gegenüber: Dem Abbruch von Verkehrsflächen oder bestimmten Ingenieurbauwerken muss in der Regel kein selektiver Rückbau vorausgehen. Beim Abbruch von Gebäuden mit hohem Ausbaugrad, die ggf. mehrfach umgebaut wurden, können nur durch einen selektiven Rückbau verwertbare Materialfraktionen erzeugt werden.

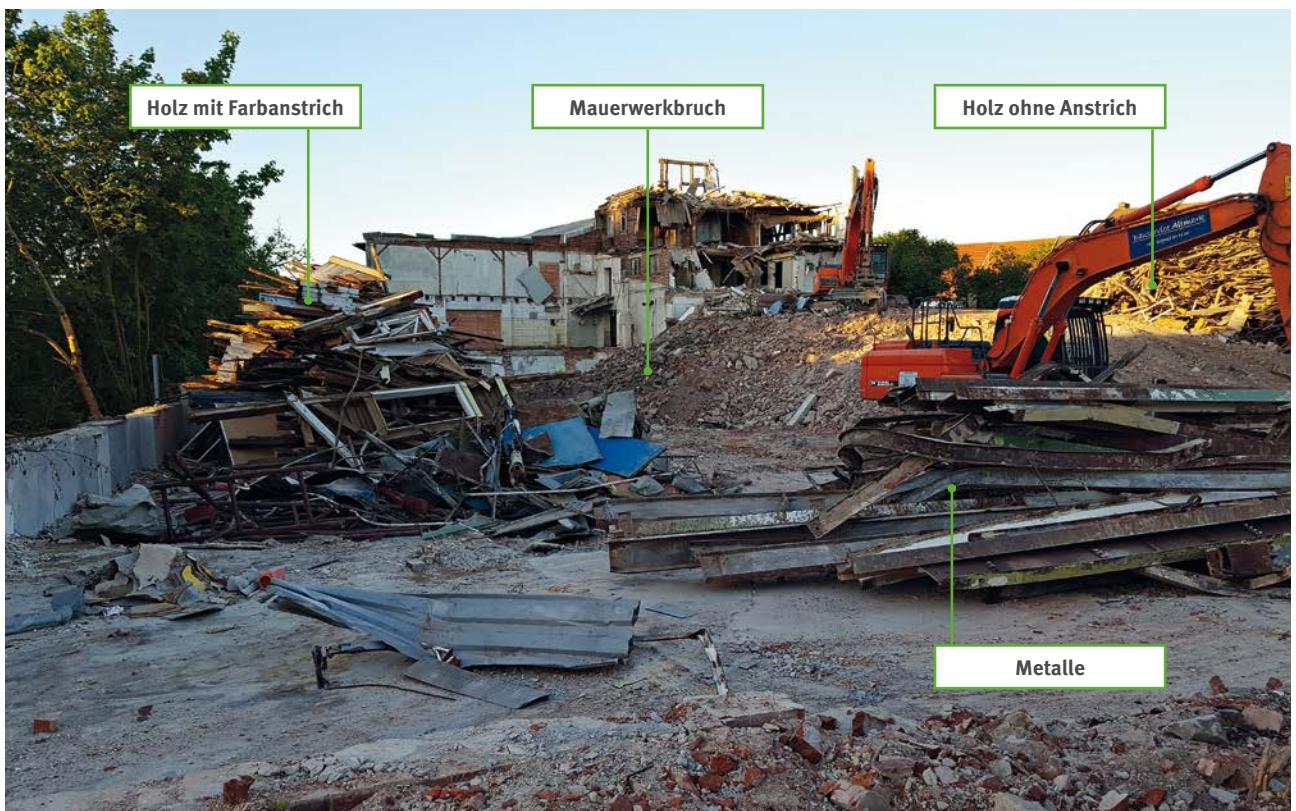
Beim selektiven Rückbau werden durch vorausgehende Bestandsaufnahmen die vorhandenen Baumaterialien nach Art und Menge erfasst und darauf aufbauend die erforderlichen Flächen für eine Zwischenlagerung, die Kapazitäten für den Abtransport sowie die Möglichkeiten der wirtschaftlichen Verwertung geplant. Der Rückbau beginnt mit dem Ausbau und der Entsorgung der gesundheits- und umweltschädlichen Stoffe, um eine Kontamination größerer Materialvolumina zu vermeiden.

Danach erfolgt die Trennung nach Stoffgruppen wie Mineralisches, Holz, Kunststoffe und Metalle, so dass diese gezielt geeigneten Verwertungswegen zugeführt werden können. Technologische Grenzen der Stofftrennung bestehen, weil Verbundbaustoffe mit den eingesetzten Abbruchwerkzeugen in der Regel nicht getrennt werden können und weil auf Grund der Dimensionen dieser Werkzeuge das Aussortieren kleinerer Fremdbestandteile nicht möglich ist.

Die Wiederverwendung von Bauteilen erfordert im Vergleich zur Materialgewinnung durch Rückbau einen erhöhten Aufwand. Brauchbare Materialien und Bauteile ohne statische Funktionen werden vor dem Abbruch aus dem Bauwerk geborgen und dann mit Hilfe einer unterstützenden Infrastruktur wie Bauteilbörsen oder Fachhändler für historische Baustoffe auf dem Markt angeboten. Für größere Bauteile und solche mit statischen Funktionen sind spezielle Demontagetechniken erforderlich. Zur wirtschaftlichen Umsetzung der Bauteilwiederverwendung sind gesicherte und bekannte Bauteilqualitäten notwendig. Unter heutigen Bedingungen ist die Wiederverwendung von Bauteilen nur selten wirtschaftlich und organisatorisch umzusetzen. In Zukunft kann eine solche Wiederverwendung durch BIM-basierte Datenbanken und durch die modulare Neubauplanung wirksam unterstützt werden.



Abbruch einer Verkehrsfläche aus Beton



Abbruch einer Konservenfabrik mit Stofftrennung auf der Abbruchbaustelle

INFOBOX 2

Aufbereitungstechnologien

Die Aufbereitungstechnologien haben die Aufgabe aus dem Rückbaumaterial einen Recycling-Baustoff mit definierter Partikelgrößenverteilung und Materialzusammensetzung zu erzeugen. Zum Einsatz kommen Brecher und Siebmaschinen, mit denen aus grobstückigen Abbruchmaterialien Korngemische oder Körnungen hergestellt werden. Korngemische enthalten unterschiedlich große Partikel bis zu einer festgelegten oberen Korngröße nebeneinander. Körnungen sind Gemische mit engen Korngrenzen, beispielsweise 4 bis 8 mm.

Die Materialzusammensetzung kann durch händische Sortierung oder mit Sortiermaschinen beeinflusst werden. Ein häufig eingesetztes trockenes Verfahren ist die Windsichtung, mit der aus groben Körnungen – in der Regel größer als 8 mm – leichte Störstoffe wie Dämmstoffe, Papier, Folien und z. T. Holz entfernt werden können. Mit nassen Verfahren können auch bestimmte leichte mineralische Baustoffe abgetrennt werden, aber bereits die Gipsabtrennung ist nicht zuverlässig möglich. Verfahrensabhängig können die Entwässerung der Produkte und die Aufbereitung des Prozesswassers erforderlich sein.

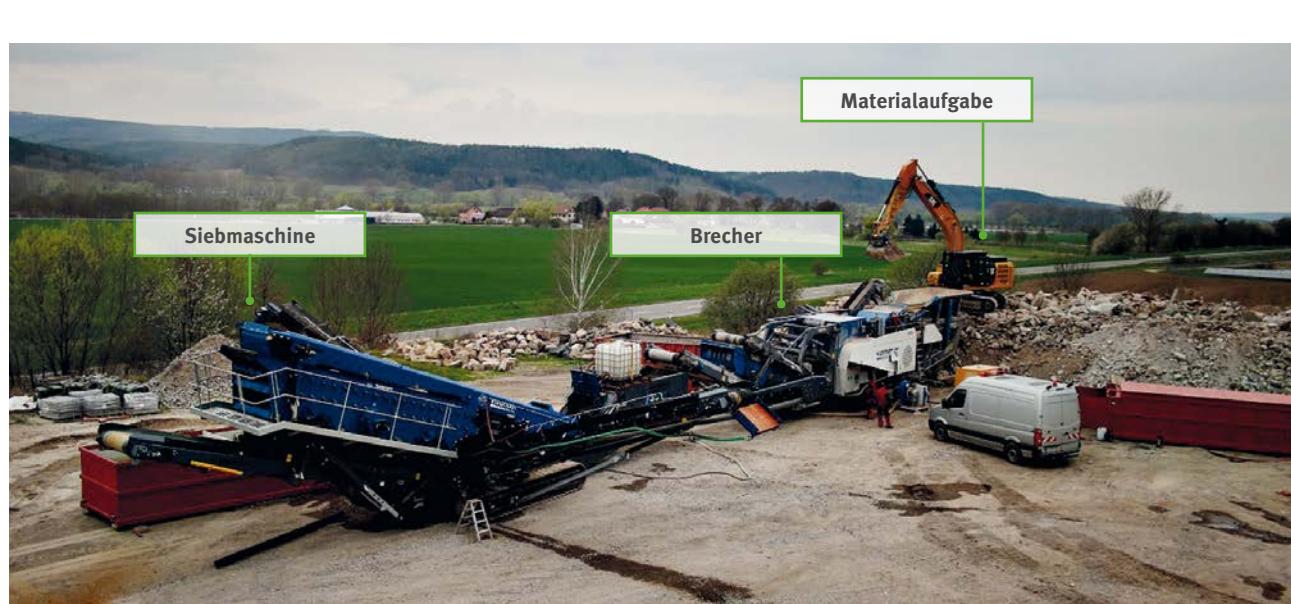
Die sensorbasierte Sortierung, die in anderen Sektoren der Abfallwirtschaft seit Jahren eingeführt ist, ist bei der Bauabfallaufbereitung noch sehr selten anzutreffen.

Sie bietet aber als einziges Verfahren die Möglichkeit verschiedene Baustoffarten voneinander zu trennen.

Bau- und Abbruchabfälle enthalten neben mineralischen Bestandteilen auch Metalle, Holz und Kunststoffe. Diese Bestandteile erfordern grundsätzlich andere Aufbereitungstechnologien und werden in der Regel an entsprechend ausgerüstete Firmen der Abfallwirtschaft weitergegeben.

Die Aufbereitung der Bauabfälle kann in mobilen oder stationären Anlagen erfolgen, die sich von der Ausstattung und von den Leistungsparametern her kaum unterscheiden. Lediglich bei der nassen Sortierung bestehen Grenzen in der mobilen Anwendung, wenn ein Wasserkreislauf realisiert werden muss.

In Deutschland gibt es insgesamt etwa 800 stationäre und 1400 mobile Recyclinganlagen für mineralische Bauabfälle. Sie können Bestandteil komplexer (Bau-)Unternehmensstrukturen mit Abbruch, Tiefbau, Hochbau und eigener Transportbetonherstellung sein. Eine andere Variante ist, dass sie in Recyclingzentren betrieben werden, die Abfälle wie Grünschnitt oder gemischte Bau- und Abbruchabfälle aufbereiten. Möglich ist auch die Kombination mit der Aufbereitung natürlicher Gesteinskörnungen.



Ansicht einer mobilen Bauschuttaufbereitungsanlage

INFOBOX 3

Einsatzgebiete und Verwertungstechnologien

Bei den gegenwärtig genutzten Einsatzgebieten ersetzen die Recycling-Baustoffe in der Regel die natürlichen Baustoffe. Bei Verfüllungen werden Boden- und Erdstoffe durch aufbereitete oder z. T. auch nicht aufbereitete Bauabfälle ersetzt. Im Straßenbau finden Recycling-Baustoffe oder auch RC-Gemische aus Recycling-Gesteinskörnungen und natürlichen und/oder industriell hergestellten Gesteinskörnungen in Frostschutzschicht und in Tragschichten Anwendung. Bei ressourcenschonendem Beton werden natürliche Gesteinskörnungen durch rezyklierte Körnungen substituiert.

Voraussetzung für diese Einsatzgebiete ist, dass die jeweils geltenden bau- und umwelttechnischen Anforderungen von den Rezyklaten erfüllt werden, was durch den angepassten Abbruch und die Aufbereitung erreicht wird. Ansonsten wird sich der in diesen Anwendungsfeldern eingeführten Technologien bedient.

Speziell auf Bauabfälle oder deren Bestandteile zugeschnittene Verwertungstechnologien gibt es bisher nur für wenige Spezies. Für die hochwertige Verwertung von Ausbauasphalt werden Anlagen mit Paralleltrommeln verwendet. Nur mit diesem gegenüber der „normalen“ Asphaltherstellung zusätzlichen Verfahrensschritt können hohe Recyclingquoten erreicht werden. Bei Gipskartonplattenabfällen erfolgt die mechanische Abtrennung des Kartons, bevor der Gips in den Kreislauf zurückgeführt werden kann. Der Rückführung von Mineralwolle- und Porenbetonabfällen in den ursprünglichen Herstellungsprozess muss ebenfalls eine Vorbereitung der Abfälle vorgeschaltet werden, damit die spezifischen Anforderungen erfüllt werden können.

Speziell auf mineralische Bauabfälle zugeschnittene Verwertungstechnologien gibt es für pechhaltigen Asphalt. In einem thermischen Verfahren wird das Pech verbrannt und pechfreie Gesteinskörnungen zurückgewonnen. Als Nebenprodukte entstehen Energie und Rauchgasentschwefelungsgips. Vielversprechend ist das thermische Verfahren zur rohstofflichen Verwertung von Mauerwerkbruch, der wegen seiner Heterogenität bisher nur für Verfüllungen eingesetzt werden kann. Produkte dieses Verfahrens sind Leichtgranulate, die für die Herstellung von Leichtbeton eingesetzt werden können, und – bei sulfathaltigem Ausgangsmaterial – Rauchgasentschwefelungsgips.

Für einige im Baubereich eingesetzte Kunststoffe sind Verfahren zur rohstofflichen Verwertung in Betrieb oder in der Erprobung. Bei diesen chemischen Verfahren, die in enger Zusammenarbeit mit den jeweiligen Kunststoffherstellern entwickelt und betrieben werden, werden die Kunststoffe zunächst mit speziellen Lösungsmitteln gelöst und anschließend wieder ausgefällt. Verunreinigungen, die in der Regel nicht löslich sind, können so abgetrennt werden. Für die PVC-Rückgewinnung aus Verbundmaterialien wie Kabeln steht eine kommerziell betriebene Anlage in Italien zur Verfügung. Für das Recycling von Wärmedämm-Verbundsystemen mit Flammeschutzadditiven wird gegenwärtig in den Niederlanden eine Pilotanlage errichtet, die ebenfalls auf dem Prinzip des selektiven Lösens und des anschließenden Ausfällens beruht. Neben Verunreinigungen kann auch das Flammenschutzmittel Hexabromocyclodocan ausgeschleust werden.



Rezyklierte Gesteinskörnung 8/16 mm aus Beton



Körnungsgemisch 0/45 mm

INFOBOX 4

Schad- und Störstoffe im Materialkreislauf

Schadstoffe sind Substanzen im Bauschutt mit negativen Folgen für die Gesundheit und die Umwelt. Sie können gegenständlich oder als Bestandteil von Baustoffen vorliegen. Beispiele sind Asbest, Mineralwolle mit lungengängigen Mineralfasern, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe als Bestandteil von Straßenpech, von bestimmten Holzschutzmitteln oder von Ruß, polychlorierte Biphenyle sowie Schwermetalle. Gegenständliche Schadstoffe oder erkennbar schadstoffhaltige Bauteile müssen selektiv zurückgebaut werden.

Störstoffe sind Bestandteile im Bauschutt, die durch ihre physikalischen oder chemischen Eigenschaften direkt oder in Wechselwirkung mit anderen Stoffen die bautechnischen Eigenschaften und die Verwertbarkeit von Materialfraktionen negativ beeinflussen. Ein bekanntes Beispiel hierfür sind Gipsanteile im Betonbruch, die beim Einsatz solcher Rezyklate im Straßenbau bei Wasserzutritt zu Hebungen führen können. Auch beim Einsatz als rezyklierte Gesteinskörnung für die Betonherstellung kann es durch Ettringitbildung zu Schädigungen der Betonstruktur kommen.

Um den Übergang von Schadstoffen in das Grundwasser zu vermeiden, muss bei der Verwendung von Recycling-Baustoffen ebenso wie bei der Verwendung von industriellen Nebenprodukten die wasserwirtschaftliche Unbedenklichkeit nachgewiesen werden. Mit vorgeschriebenen Verfahren – von der Probenahme über die Gewinnung eines wässrigen Auszugs (Eluat) bis

zur Analyse – sind im Rahmen der Güteüberwachung die Konzentrationen der in das Wasser übergehenden Schadstoffe zu ermitteln. Aus der Gegenüberstellung mit den zulässigen Grenzwerten können die aus wasserwirtschaftlicher Sicht möglichen Verwertungswege abgeleitet werden. Bei geringen Schadstoffkonzentrationen ist eine nahezu uneingeschränkte Nutzung des Recycling-Baustoffs möglich. Ab einer bestimmten Konzentration ist die Verwertung nicht mehr zulässig. Das Material muss deponiert werden. Dazwischen liegen Verwertungen, wo durch die Einbauweise der Wasserzutritt reduziert oder verhindert wird.

Für die bekannten Recyclingbaustoffe sind die Grenzwerte für die Gehalte an Störstoffen in den bautechnischen Anforderungen festgelegt. Vereinfachend betrachtet gilt, dass der zulässige Gehalt umso niedriger ist, je mehr negative Auswirkungen auf die bautechnischen Eigenschaften von dem Schadstoff ausgehen.

Während aufgrund der vergleichsweise geringen Quantitäten Schad- und Störstoffe in gemischten Stoffströmen oft nur in geringer und im Mittel meist unbedenklicher Konzentration vorliegen, können beim selektiven Rückbau neben den gewünschten Materialfraktionen auch solche mit hoher Schad- und Störstoffkonzentration entstehen. Diese Fraktionen müssen gezielt behandelt werden. Schad- und Störstoffe können so aus dem Materialkreislauf ausgeschleust und umweltgerecht entsorgt bzw. im besten Fall selbst einer Verwertung zugeführt werden.

Bauen für ein zukünftiges Recycling

Die aktuelle EU Bauproduktenverordnung verlangt in Grundforderung 7 an die „Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen“, dass Bauwerke in Zukunft „derart entworfen, errichtet und abgerissen werden, dass die natürlichen Ressourcen nachhaltig genutzt werden“. Die Verordnung adressiert in dieser Forderung neben dem Abbruch auch die vorausschauende Planung und Erstellung von Bauwerken. Dadurch wird eine strategische und lebenszyklusbezogene Sichtweise zur ressourcenschonenden Planung neu zu errichtender Bauwerke zur Aufgabe und Verpflichtung für planende und ausführende Berufe der Baubranche.

Die ressourcenschonende Neubauplanung sollte durch aussagekräftige und handhabbare Bewertungsmethoden unterstützt werden, so dass in der Planung eine gezielte Optimierung der Entwürfe durchgeführt werden kann. Eingebettet in das Bewertungssystem für Nachhaltiges Bauen (BNB) können diese Methoden zur ganzheitlichen Planung von Bauwerken eingesetzt werden und darauf aufbauend in eine Gebäudezertifizierung nach BNB oder DGNB einfließen. Erste Ansätze dazu werden derzeit entwickelt und sollten in der Förderung, z. B. in zukünftigen KfW-Programmen, berücksichtigt werden.

INFOBOX 5

Rücknahmesysteme

Eine zunehmende Rolle in der ressourcenschonenden Bauwirtschaft spielen freiwillige oder vorgeschriebene Rücknahmesysteme, in denen Hersteller (bzw. Herstellervereinigungen) ausgebaute Produkte nach der Nutzung ihren Produktionsprozessen wieder zuführen und so den Materialkreislauf schließen. Mit solchen Rücknahmesystem ist das wirtschaftliche Interesse, wie auch die technischen Kompetenz und damit das Innovationspotential in

einer Hand gebündelt. Entsprechende Rücknahmesysteme bestehen heute zum Beispiel für Photovoltaikanlagen, Elektrogeräte, Steinwolle, PVC Fenster, Bodenbeläge, Dachbahnen und Porenbeton. Den Baustoffhandlungen sollte hier für die notwendige Logistik von Rücknahmesystemen eine zentrale Rolle zukommen.

Abbildung 2

Stoffströme im Lebenszyklus von Bauwerken



Quelle: eigene Darstellung KN Bau

INFOBOX 6

Ressourcenschonendes Konstruieren

Die grundlegenden Prinzipien des recyclinggerechten Bauens sind die Wahl von recyclingfähigen und verwertungsverträglichen Materialien, die Planung mit lösbarer Verbindungen, so wie auch die Planung von Verwertungsclustern und modularen Bauwerkselementen, die schonend aus der Konstruktion gelöst und separat behandelt (ausgetauscht, repariert) werden können. Auch müssen Bauwerksteile mit Wartungsbedarf oder kürzeren Lebensdauern zugänglich sein bzw. nicht durch feste Bauteile abgeschlossen sein. Sowohl die Abbruchplanung, wie auch die Erstellung einer recyclinggerechten Neubauplanung erfordert von den Planern Expertenwissen und einen erhöhten Planungsaufwand.

Aus der Optimierung der Gebäudeplanung ergeben sich jedoch schon heute wirtschaftliche und organisatorische Vorteile in der Wartung, Instandhaltung und im Umbau der Gebäude, so dass dem erhöhten Planungsaufwand ein unmittelbarer Nutzen gegenübersteht.

Recyclinggerechtes Konstruieren bedeutet auch, dass mit Qualitäten geplant wird, die mit hohen Anteilen an Sekundärrohstoffen in nachhaltigen Kreisläufen erreicht werden können. So sind trotz der eigentlich hohen Rezyklierbarkeit von Glas heute übliche hochwertige Verglasungssysteme nicht aus ausgebautem Flachglas herzustellen. In diesem Fall ist der Materialkreislauf hin zum ursprünglichen Produkt nicht geschlossen, wohl aber für Produkte mit geringeren Anforderungen an das Ausgangsmaterial wie Behälterglas, Profilglas, Blähglas oder Schaumglas.

Verbundmaterialien und integrierte Konstruktionen sind nur zu verwenden, wenn Technologien, Infrastrukturen und ggf. Rücknahmesysteme existieren, die die spätere Verwertung absichern. In einigen Fällen sind die Hersteller von Bauprodukten (Teppichböden, Gipskartonplatten, Heizungspumpen) an einer Rückführung ihrer eigenen Produkte interessiert, da in ihnen Bestandteile schon in der benötigten Qualität vorliegen. Bei einer absehbaren Verknappung bzw. Verteuerung von Primärrohstoffen sind rezyklierte Altprodukte eine für die Hersteller interessante Rohstoffquelle ohne aufwendige Aufbereitung für ihre neue Produktion.

Allerdings müssen die verbauten Materialien so gekennzeichnet bzw. dokumentiert werden, dass sie beim Rückbau ohne aufwendige Analysen erkannt und als sortenreine Stoffe einer Wiederverwendung oder -verwertung zugeführt werden können. Dies kann beispielsweise durch eine umfassende Baudokumentation auf Grundlage von BIM-Ansätzen erfolgen. Da erwartet werden kann, dass eine solche Dokumentation nicht durchgängig gepflegt wird und am Ende des Lebenszyklus nicht in aktueller Form zur Verfügung stehen wird, ist es zielführend die Konstruktionen offensichtlich zu gestalten, die Materialvielfalt geplant zu reduzieren und auch einfache Materialien und Konstruktionen zu wählen.

Die Grundprinzipien der ressourcenschonenden Neubauplanung sind

- ▶ die Lösbarkeit von Verbindungen,
- ▶ die Verträglichkeit von Materialien und
- ▶ der weitgehende Verzicht auf Schad- und Störstoffe in zu errichtenden Bauwerken.

Angesichts der langen Standzeiten ist auch die Bewahrung von Informationen zu den Konstruktionen (Rückbaubarkeit, Verbindungsmittel) und zum Materialeinsatz zu bedenken. Dabei werden heute verschiedene Ansätze, z. B. die Einführung eines Gebäudepasses oder von flächendeckenden Ressourcenkatastern, diskutiert. Vorrangig und nachhaltig sinnvoll erscheint jedoch zunächst die Vereinfachung von Konstruktionen durch z. B. Modularisierung, die Reduzierung der Materialvielfalt, der bedachte Einsatz von potentiellen Schad- und Störstoffen und

nicht zuletzt eine lesbare und auch in 80 Jahren noch verstehbare Baukonstruktion. Eine zentrale Rolle spielt auch die Entwicklung von neuen Techniken zur Gebäudeaufnahme und -dokumentation, die schon in der Neuplanung und Gebäudeerstellung erfolgen muss, z. B. durch Regeln zur Materialkennzeichnung und durch digitale Gebäudeinformationssysteme. Parallel zu solchen Ansätzen sollten verstärkt innovative Methoden zum Rückbau, zur Sammlung von Materialien und zur Materialaufbereitung in allen Lebenszyklusphasen des Bauwerkes eingeführt werden. Die Entwicklung und der Einsatz neuer Baumaterialien sind so alt wie das Bauen selbst. Der Lehmziegel, der einfach aufzubereiten und zu einem neuen Stein zu verarbeiten war, wurde durch den gebrannten Ziegel ersetzt. An die Stelle des unbewehrten Betons trat der Stahlbeton. Neue Entwicklungen, die eine Ressourcenschonung durch schlankere Bauteile ermöglichen, sind in der Erprobung.

Die bauphysikalischen und funktionalen Anforderungen an Baukonstruktionen sind nicht zuletzt durch die heute geforderten Energiestandards deutlich gestiegen. Für die Dämmung und die Herstellung einer luftdichten Gebäudehülle werden häufig Schichtaufbauten und geklebte Materialschichten eingesetzt. Ähnliches gilt für Materialsysteme und Beschichtungen für den Feuchteschutz und die Bauwerksabdichtung. Die Materialen in einem üblichen Bauteil der Gebäudehülle sind vielfältig und diese Materialien sind teilweise untrennbar verbunden. Auch sind Kleinteile wie z. B. Dübel, Halteschienen und Hilfsstoffe wie z. B. Klebe- und Ausgleichsschichten in erheblichen Mengen enthalten. Viele dieser Materialsysteme lassen sich daher nicht wirtschaftlich hochwertig verwerten.

Auch architektonische und konstruktive Zielsetzungen führen zum Einsatz neuer Materialien und von Materialkombinationen. Anders als bei konventionellem Stahlbeton, sind beispielsweise bei Stahlfaserbeton die Materialfraktionen Beton und Stahl nur bei feinem Aufschluss der Betonmatrix zu trennen, so dass die entstehenden Fragmente nur in einem geringen Maße in den Stoffkreislauf zurückgeführt werden können, weil beispielsweise nur Betonkörnungen $> 2 \text{ mm}$ für die erneute Betonherstellung eingesetzt werden können.

In der derzeitigen Bau- und Materialforschung sind Tendenzen zu erkennen, vermehrt Verbundbaustoffe zu entwickeln. Zu nennen sind Kompositbaustoffe, wie Betone und Mörtel mit Faserbewehrung wie z. B. Carbon-, Stahl-, Kunststoff- oder Glasfaserbewehrungen. Schwer trennbare Verbünde von organischen und anorganischen Materialien wie zum Beispiel zementgebundene Spanplatten oder Holz-Polymerbetonträger, die von Forschungsinstituten entwickelt werden, erfordern neue Aufbereitungsverfahren.

Innovatives und ressourcenschonendes Bauen sind keine Widersprüche. Zur parallelen Umsetzung beider Ziele ist es aber zwingend notwendig bei der Entwicklung von neuen Baumaterialien, neben den technischen, ökonomischen und ökologischen Aspekten in der Erstellungs- und Nutzungsphase, die Aspekte der Kreislaufführung als gleichwertig zu berücksichtigen. Dazu sind die Zielsetzungen und auch die Förderkriterien in der Material- und Bauforschung entsprechend anzupassen.

Die Betrachtungsgrenzen in Recyclinguntersuchungen enden in der Regel beim Zerlegen von Materialverbünden. In Zukunft sind diese Untersuchungen für den gesamten Wertstoffkreislauf durchzuführen. Grundlage dafür sollte eine aus der klassischen Primärrohstoffaufbereitung aber auch aus anderen, innovativen Branchen des Recyclingsektors zu entwickelnde Systematik der Rezyklierbarkeit sein, anhand derer im ersten Schritt auch neue Baumaterialien bewertet werden müssen. Neue Baumaterialien und dazu passende Aufbereitungslösungen müssen zukünftig gegebenenfalls von Beginn an gemeinsam entwickelt und gefördert werden. Im selben Maße wie innovative Baumaterialien in den Abfall übergehen, müssen adäquate technische Verfahren zu deren Aufbereitung und Verwertung zur Verfügung stehen. Somit sind parallel zu den aufkommenden Abfallmengen die erforderlichen Recyclingkapazitäten aufzubauen.

INFOBOX 7

Bewertungsverfahren für Ressourcenschonendes Bauen

Es existieren heute verschiedene Verfahren zur Bewertung der Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit von Bauwerken, die auch zur Optimierung von Bauwerken im Sinne des ressourcenschonenden Bauens eingesetzt werden können. In den meisten Verfahren werden zunächst Bewertungen auf Bauteilebene durchgeführt und daraus Bewertungen des gesamten Gebäudes ermittelt. Die Verfahren nach IBO, BNB und DGNB beziehen sich bisher nur auf Baukonstruktionen (DIN276, KG 300). Die gebäudetechnischen Anlagen (KG 400) werden derzeit noch nicht bewertet. Letzteres ist überfällig.

Am längsten eingeführt ist das Verfahren des IBO (Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie), in dem in Zuge einer umfangreicher Lebenszyklusbetrachtung ein „Entsorgungsindikator EI“ für die Konstruktion bestimmt wird. Dazu werden für einzelne Bauteilkomponenten drei mögliche Entsorgungswege – Rezyklieren, Verbrennen und Ablagern – auf einer Skala bewertet. Dann werden die Wertungen nach dem Volumen und dem Verwendungspotential gewichtet, um den Entsorgungsindikator des gesamten Bauteilaufbaus zu bestimmen. Das Verfahren ist in einem Online-Bauteilkatalog (siehe Abschnitt: Weiterführende Quellen) hinterlegt. Lösbarkeit von Fügungen, Materialverträglichkeiten und der Einsatz von Störstoffen werden in dem IBO Verfahren derzeit nicht systematisch berücksichtigt.

In dem derzeitigen Verfahren nach dem deutschen Bewertungssystem für Nachhaltiges Bauen (BNB) werden die Schichten der Bauelemente mit zusammen mindestens 80 % der Masse des Gebäudes (KG 300) hinsichtlich ihrer Rückbaufähigkeit, ihrer Sortenreinheit und ihrer Verwertbarkeit bewertet und daraus die Bewertung für die BNB Zertifizierung berechnet. Zur Durchführung des Verfahrens steht eine EXCEL Tabelle zur Verfügung und entsprechende Funktionen sind auch in dem eLCA online Werkzeug (siehe Abschnitt: Weiterführende Quellen)

implementiert, so dass im Zuge der Lebenszyklusbetrachtung auch Rückbau, Trennung und Verwertungsfähigkeit bewertet werden können. Das Verfahren nach BNB wird derzeit umfassend überarbeitet.

Das Verfahren des Kriteriensteckbriefs TEC1.6 „Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit“ der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) ist derzeit das umfangreichste Verfahren. Hier werden in den Teilindikatoren „Recyclingfreundliche Baustoffauswahl“, „Rückbaufreundliche Baukonstruktion“ und „Rückbaubarkeit, Umbaubarkeit und Recyclingfreundlichkeit in der Planung“ drei wesentliche Ebenen des ressourcenschonenden Bauens angesprochen. Das Verfahren betrachtet Regelbauteile und verlangt dabei die Einbeziehung aller Materialien, also auch von z. B. Verbindungsmittern, Farben und Klebern, die nur zu sehr geringen Anteilen vorliegen. Die Bewertung der Rezyklierbarkeit verlangt, z. B. bei Anstrichen, Anhaftungen oder Beimischungen, die Bestätigung der Verwertbarkeit durch einen Baustoffverwerter und den Nachweis, dass keine Risiken für die lokale Umwelt durch die verbauten Materialien entsteht (Kriteriensteckbrief ENV1.2 „Risiken für die lokale Umwelt“). Weiterhin wird die Vermeidung von Bauteilen, z. B. der Verzicht auf Beschichtungen durch geeignete Materialwahl, positiv bewertet. Auch soll dem Bauherren schon in der Planung eine Liste mit problematischen Regelbauteilen zur Kenntnis vorgelegt werden, so dass das Recycling-, Um- und Rückbaukonzept Grundlage der Entwurfsentscheidungen wird.

In allen Verfahren fehlen derzeit die grundlegenden Daten zur gesicherten Bewertung der maßgebenden Kriterien. Ähnlich wie für die Ökobilanzierung die ÖKOBAUDAT grundlegende Daten bereitstellt, müssen daher Datenbanken mit Kennwerten von Baumaterialien zur Bewertung der Ressourcenschonung eingeführt und bereitgestellt werden.

Notwendige Entwicklungen

Schaffen von Voraussetzungen und gesetzlichen Anforderungen

Derzeit ist das Wissen der am Bau beteiligten Akteure noch nicht ausreichend, damit ressourcenschonende Bauweisen in der Breite Einsatz finden. Recycling-Baustoffe sind jahrzehntelang überwiegend unter dem Schadstoff-Aspekt betrachtet worden. Das hat ihr Ansehen als Baustoff nachhaltig beschädigt. Daher müssen gezielt Informationsangebote, Leitfäden, Richtlinien und Vorschriften bereitgestellt werden, um den Vorurteilen zu begegnen und die verschiedenen Akteure in ihren jeweiligen Rollen für das ressourcenschonende Bauen zu unterstützen:

- ▶ Bei der Angabe von Recyclingquoten soll in Zukunft zwischen den Einsatzgebieten und den Verwertungsstufen des Rezyklatos unterschieden werden. So sollen beispielsweise als Grundlage für ein schonendes Ressourcenmanagement Stoffströme für das Verfüllen, sowie den Landschafts- und Straßenbau, von hochwertigeren Einsatzgebieten beispielsweise in Recyclingbeton oder in geschlossenen Rücknahmesystemen in den Statistiken getrennt aufgeführt werden.
- ▶ Informationen zu verfügbaren Abbruch- und Aufbereitungs- und Verwertungstechnologien für spezifische Baumaterialien und Bauteile müssen systematisch erstellt und den relevanten Akteuren bereitgestellt werden. Dabei ist nicht nur der Stand der Technik darzustellen, sondern auch die regionale Verfügbarkeit entsprechender Kapazitäten (Verwerterregister) sowie Angaben zur Logistik der betreffenden Materialströme. Diese Information sollte zu allen Materialgruppen frei verfügbar z.B. integriert in die WECOBIS Datenbank online bereitgestellt werden.
- ▶ Normen, Richtlinien und technische Zulassungen für Baumaterialien sollen in Zukunft so formuliert werden, dass rezyklierte Baustoffe und Primärstoffe bei gleicher Eignung gleichwertig eingesetzt werden können.
- ▶ Zur Unterstützung der Bauschaffenden und zur Absicherung der Umsetzung des ressourcenschonenden Bauens sollten Muster-ausschreibungstexte für recyclingorientierte Abbrucharbeiten und für die recyclinggerechte Neubauplanung einschließlich des Einsatzes von Rezyklaten, für die Erstellung von Gebäuden und für die Durchführung von Umbau- und Instandhaltungsmaßnahmen erstellt und bereitgestellt werden.
- ▶ Der Beitrag von Bauwerken, Bauprodukten und Baumaterialien zur Ressourcenschonung soll in Zukunft regelmäßig bewertet und in die entsprechenden Entwicklungs- und Auswahlprozesse z. B. in der Beschaffung maßgeblich einfließen. Kriterien und Methoden für die Bewertung der Ressourcenschonung müssen entwickelt werden und in handhabbarer Form den jeweiligen Akteuren nutzungsgerecht bereitgestellt werden. Dabei haben sowohl vereinfachte Instrumente wie z. B. ein Label für den Einsatz im Baumarkt und komplexe Ansätze wie z. B. für die Baustoffsystementwicklung und die Zulassung für neue Baumaterialien ihre Berechtigung. Die freiwillige Angabe zur Recyclingfähigkeit auf Material- und Produktebene, wie sie heute schon in den EPDs (environmental product declaration) möglich ist, ist nicht ausreichend, da zu wenige Anbieter entsprechende Angaben machen und da diese nicht vergleichbar und prüfbar sind. Ein verbindliches Qualitätssicherungsinstrument ist erforderlich.
- ▶ Ressourcenschonendes Planen und Bauen soll in die Aus- und Weiterbildung aller Akteure am Bau eingearbeitet werden und entsprechende Curricular für die Architektur-, Ingenieur- und Facharbeiterausbildung entwickelt werden.

- ▶ In Anlehnung an das Aufgabenfeld eines „Energieberaters“ beim energieeffizienten Bauen soll ein Leistungsbild eines fachkundigen „Recyclingberaters“ eingeführt werden. Die Recyclingberatung soll in Anlehnung an österreichische Norm ÖNORM B3151 z. B. bei Rückbauvorhaben ab einer Größe von 3500 m³ umbauten Raum oder 100 t rückgebauter Materialien verpflichtend in die Planung und Ausführung einbezogen werden. In der Neubauplanung soll der „Recyclingberater“ zur recyclinggerechten Konstruktion und Materialwahl und zum Einsatz von Rezyklaten beraten.
- ▶ Der überwiegende Teil der heute betriebenen stationären Recyclinganlagen wurde in den 1980er und 90er Jahren errichtet. Diese Stagnation bei Einführung neuer Verfahren in die Recyclingpraxis muss durch die Förderung von Investitionen für innovative Technologien wie sensorgestützte Sortierverfahren oder thermische Verfahren überwunden werden. Eine solche Förderung würde zu hochwertigen Stoffströmen und zur besseren Nutzung der Ressourcenpotentiale beim Bauen führen. Auch muss der Transfer von im Labormaßstab vorhandenen Technologien in die Praxis unterstützt werden.
- ▶ Derzeit sind fachliche, technische und umgangssprachliche Begriffe im Themenfeld des ressourcenschonenden und kreislauffähigen Bauens nur unzureichend definiert und vereinheitlicht. Es sollten zur Entwicklung des Aktivitätsfeldes und zur verlässlichen Formulierung von Zielsetzungen in der Praxis und der Forschung einheitliche Begrifflichkeiten eingeführt werden.
- ▶ Die hochwertige Verwendung von Recycling-Baustoffen ist im Vergleich zum Einsatz von Primärstoffen heute in vielen Fällen noch nicht wirtschaftlich. In diesen Fällen soll durch gezielte und zeitlich begrenzte Fördermaßnahmen, beispielsweise durch steuerliche Entlastung bei der Herstellung und beim Einsatz von Recyclingbaustoffen, ein verstärkter Einsatz dieser Baustoffe unterstützt und so der Markt entwickelt werden. Weitere Fördermaßnahmen und Maßnahmen zur Marktlenkung könnten sein: Besteuerung von Deponieflächen für Bauabfälle und Abbruchmaterial, Transportabgaben, oder die Vorschreibung von Mindestanteilen von Recyclingmaterial bei der Baustoffherstellung und der Gebäudeplanung. Die Wirkung solcher Maßnahmen soll durch Studien zeitnah untersucht und zur Entscheidungsfindung bereitgestellt werden.

Fördermaßnahmen

Fortschritte im Baustoffrecycling und zur Realisierung der daraus erwachsenen Möglichkeiten zur Ressourcenschonung müssen durch gezielte Fördermaßnahmen eingeleitet und unterstützt werden:

- ▶ Im Vergleich zur etablierten Primärstoffforschung steht die Forschung zum Baustoffrecycling noch am Anfang und ist nicht ausreichend finanziert. Die Entwicklung von kreislauffähigen Baumaterialien und Bauteilen sowie von Technologien zum Abbruch, zur Aufbereitung und Verwertung muss gezielt gefördert werden. Die Förderung soll auch Stoffströme erfassen, die bisher in geringem Maße verwertet werden oder die zur Erreichung einer hohen technischen Funktionalität komplexe Stoffverbindungen aufweisen wie Verbundstoffe.

Weiterführende Quellen

BAUWERKSBESTAND

ÖNORM B 3151: 2014 12 01, „Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode“, Österreichisches Normungsinstitut

KrWG (2012), „Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen“, online: <http://www.gesetze-im-internet.de/krgw/>

DIN 18007: 2000-05, „Abbrucharbeiten - Begriffe, Verfahren, Anwendungsbereiche“, Beuth Verlag

VDI 6210 Blatt 1: 2016-02, „Abbruch von baulichen und technischen Anlagen“, Beuth Verlag

VDI/GVSS 6202 Blatt 1: 2013-10, „Schadstoffbelastete bauliche und technische Anlagen - Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten“, Beuth Verlag

EU Commission (2018), „Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings“ online: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/29203/attachments/1/translations/en/renditions/native>

Arbeitshilfen Recycling, „Arbeitshilfen zum Umgang mit Bau- und Abbruchabfällen sowie zum Einsatz von Recycling-Baustoffen auf Liegenschaften des Bundes“, online: <http://www.arbeitshilfen-recycling.de/links.html>

Meetz M, Mettke A, Liesemeier B, Schmidt S, Verheyen F, „Brandenburger Leitfaden für den Rückbau von Gebäuden - Steigerung der Ressourceneffizienz des Recyclings von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen“, online: https://mlul.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310/de/Leitfaden_selektiver_Rueckbau.pdf, Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg

Müller, Anette, „Baustoffrecycling: Entstehung – Aufbereitung – Verwertung“, ISBN 978-3-658-22987-0, Springer Vieweg

Mettke A, Heyn S, Arnold V, Faßmann J, Schmidt S (2018), „Untersuchungen zur ressourceneffizienten Kreislaufwirtschaft - Das selektierbare Bauwerk“, im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Bearbeitung: Brandenburgische Technische Universität Cottbus – Senftenberg, Fakultät Umwelt und Naturwissenschaften, Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik, Arbeitsgebiet Bauliches Recycling, Aktenzeichen 10.08.17.7-15.28, Bonn 2018

Figl H, Dolezal F, Thurner C (2018), „Untersuchung von gebäudegebundenen Stoffströmen in der Entsorgungsphase“, im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Bearbeitung: IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH, Aktenzeichen 10.08.17.7-16.39, Bonn 2018

NEUBAUPLANUNG

Hillebrandt A, Riegler-Floors P, Rosen A, Seggewies J.A. (2018), „Recycling Atlas“, Detail Verlag, ISBN 978-3-95553-415-8

BNB 4.1.4 Kriterium, „Rückbau, Trennung und Verwertung“, online: https://www.bnbnachhaltigesbauen.de/fileadmin/steckbriefe/verwaltungsgebäude/neubau/v_2015/BNB_BN2015_414.pdf

BBSR, „eLCA v0.9.5 beta“, online: <http://www.bauteileditor.de/>

Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH (2012), „El Entsorgungsindikator: Leitfaden zur Berechnung des Entsorgungsindikators von Baumaterialien und Gebäuden“.

IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH, „IBO Passivhaus Bauteilkatalog – Ökologisch bewertete Konstruktionen“, online: <http://www.baubook.at/phbtk/>

DGNB – Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen, „TEC1.6 Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit“, DGNB -System – Kriterienkatalog Gebäude Neubau VERSION 2018.

BauPVO, „EU-Bauproduktverordnung“, Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates

WEITERE INFORMATIONEN

WECOBIS „Ökologisches Baustoffinformationssystem“, online:
www.wecobis.de

ÖKOBAUDAT „Informationsportal nachhaltiges Bauen“, online:
www.ekobaudat.de

Institut Bauen und Umwelt e.V., „Umweltproduktdeklarationen (EPD)“, online: <https://epd-online.com/>

DIN EN 15804: 2014-07: Nachhaltigkeit von Bauwerken.
Umweltproduktdeklarationen. Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte. 2014.

DIN 8580: 2003-09: Fertigungsverfahren: Begriffe, Einteilung.
2003.

DIN 8593 Teil 0 bis 8: 2003-09: Fertigungsverfahren Fügen. 2003.

EAK-Abfallschlüssel, Abfallverzeichnis gemäß der Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, online: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2503/dokumente/2014-955-eg-de.pdf>

GISCodes, BGBau (Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft),
online: <https://www.bgbau.de/gisbau/giscodes>

GHSCodes, Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS), online: http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs_welcome_e.html

F. Kleemann, J. Lederer, J. Fellner, M. Scheibengraf (2015),
„Ergebnisbericht des Projekts „Hochbauten als Wertstoffquelle“, StadtbauDirektion Wien, CD Labor Anthropogene Ressourcen, TU Wien, Magistratsabteilung Umweltschutz, online: publik.tuwien.ac.at/files/238867.pdf

Sensitivitätsstudie zum Kreislaufwirtschaftspotenzial im Hochbau (2014), Zukunft Bau, Endbericht, online: www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ZB/Auftragsforschung/2NachhaltigesBauenBauqualitaet/2013/Kreislaufwirtschaftspotenzial/Endbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=2

Urban Mining – Ressourcenschonung im Anthropozän (2017),
Umweltbundesamt, Berlin, online: www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1968/publikationen/uba_broschueren_urbanmining_rz_screen_0.pdf

Kartierung des anthropogenen Lagers in Deutschland zur Optimierung der Sekundärrohstoffwirtschaft (2015),
Umweltbundesamt, Berlin, online: www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_83_2015_kartierung_des_anthropogenen_lagers.pdf



► **Unsere Broschüren als Download**
Kurzlink: bit.ly/2dowYYI

-  www.facebook.com/umweltbundesamt.de
-  www.twitter.com/umweltbundesamt
-  www.youtube.com/user/umweltbundesamt
-  www.instagram.com/umweltbundesamt/